



IFW

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Hans WETTSTEIN et al.

Art Unit: 3745

Application No.: 10/808493

Examiner: [to be assigned]

Filing Date: 25 March 2004

Atty. Ref. No.: 003-123

Title: Axial-Flow Thermal Turbomachine

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF APPLICATION IN SUPPORT OF A  
CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner For Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant submits herewith a certified copy of the prior application identified below, in support of a claim for priority under 35 U.S.C. § 119 in the above-identified patent application:

Country	Priority Document Appl. No.	Filing Date
DE	103 13 490.5	26 March 2003

Prompt acknowledgment of this claim and submission is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Date: 14 Sept. 2004

Adam J. Cermak  
Reg. No. 40,391

U.S. P.T.O. Customer Number 36844  
Cermak & Kenealy LLP  
P.O. Box 7518  
Alexandria, VA 22307

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/808,493



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

103 13 490.5

**Anmeldetag:**

26. März 2003

**Anmelder/Inhaber:**

ALSTOM Technology Ltd., Baden/CH

Erstanmelder: ALSTOM (Switzerland) Ltd.,  
Baden/CH

**Bezeichnung:**

Axial durchströmte thermische Turbomaschine

**IPC:**

F 01 D, F 04 D

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Sleek

5

10

## **Axial durchströmte thermische Turbomaschine**

15

### **Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Kraftwerkstechnik. Sie betrifft  
20 eine axial durchströmte thermische Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff  
des Patentanspruches 1, welche gegenüber dem bekannten Stand der  
Technik ein reduziertes Rotorgewicht aufweist.

25

### **Stand der Technik**

Thermische Turbomaschinen, z. B. Hochdruckverdichter für Gasturbinen oder  
Turbinen, bestehen im wesentlichen aus einem mit Laufschaufeln bestückten  
Rotor und einem Stator, in den Leitschaufeln eingehängt sind. Die  
30 Laufschaufeln und die Leitschaufeln weisen jeweils ein Schaufelblatt und  
einen Schaufelfuss auf. Um die Schaufeln auf dem Rotor bzw. im Stator  
befestigen zu können, sind im Stator und auf der Rotorwelle Nuten  
eingestochen. In diese Nuten werden die Füsse der Leit- und Laufschaufeln  
eingeschoben und dort arretiert.

Die feststehenden Leitschaufeln haben die Aufgabe, den Strom des zu verdichtenden bzw. des zu entspannenden gasförmigen Mediums so auf die rotierende Laufbeschaufelung zu lenken, dass die Energieumwandlung mit  
5 bestmöglichem Wirkungsgrad erfolgt.

Es ist bekannt, Schaufeln einstückig aus einem einzigen Material, z. B. aus rostfreiem Stahl für Gasturbinenverdichter oder aus einer Nickel-Basis-Superlegierung für Gasturbinen, herzustellen und mit diesen gleichartigen  
10 Schaufeln eine Schaufelreihe zu bestücken. Derartige Schaufeln werden nachfolgend als konventionelle Schaufeln bezeichnet.

Für bestimmte Anwendungen ist die durchschnittliche Masse einer Schaufelreihe von der Tragkapazität des Läufers begrenzt.

15

Daher sind Lösungen bekannt geworden, Schaufeln in Hybrid-Bauweise herzustellen. Bei der Hybrid-Bauweise werden zur Herstellung einer Schaufel verschiedene Werkstoffe mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften miteinander kombiniert, um eine optimale Auslegung einer Schaufel zu  
20 erhalten. So ist z. B. eine Hybrid-Rotorschaukel für ein Triebwerk aus DE 101 10 102 A1 bekannt, bei welcher die Hinterkante des Schaufelblattes, die nur eine aerodynamische Funktion hat, aus einem Leichtbauwerkstoff, vorzugsweise einem Faserverbundstoff, z. B. Kohlenfaser-Verbundwerkstoff, hergestellt ist. Durch eine solche (leichte) Hinterkante lässt sich vorteilhaft das  
25 Gewicht der Schaufel reduzieren. Die Verbindung der beiden Schaufelblattteile (schwere metallische Vorderkante und leichte Hinterkante aus Faserverbundwerkstoff) erfolgt durch Kleben oder Vernieten.

Eine ähnliche Lösung ist in WO 99/27234 beschrieben. Dort wird ein Rotor mit  
30 integraler Beschaufelung, insbesondere für ein Triebwerk, offenbart, an dem umfänglich Rotorschaukeln angeordnet sind, wobei die Rotorschaukel zur Verringerung von Schwingungen einen metallischen Schaufelfuss, einen metallischen Schaufelblattabschnitt, der wenigstens einen Teil der

Schaufelvorderkante und des daran angrenzenden Bereichs der Schaufelfläche bildet, und ein Schaufelblatt aus faserverstärktem Kunststoff aufweisen. Auch hier erfolgt die Befestigung des Schaufelblattes aus Kunststoff an dem metallischen Schaufelblattabschnitt durch Kleben/Nieten  
5 oder durch Klemmen.

Dieser bekannte Stand der Technik hat die nachfolgend aufgeführten Nachteile. Einerseits halten die genannten Befestigungsarten über einen langen Zeitraum keinen grossen Belastungen Stand, andererseits sind die  
10 faserverstärkten Kunststoffe nur in bestimmten Temperaturbereichen einsetzbar, so dass diese bekannten technischen Lösungen insbesondere nur für die Triebwerkstechnik geeignet sind. Ausserdem wird die Charakteristik des Schaufelblattes (mechanische Eigenschaften, Oxidationsbeständigkeit, Reibungseigenschaften) gegenüber den aus einem einzigen Material  
15 bestehenden Schaufelblättern verändert, was sich nachteilig auf das Betriebsverhalten der Maschine auswirken kann.

Weiterhin ist aus EP 0 513 407 B1 eine Turbinenschaufel aus einer Legierung auf der Basis eines dotierstoffhaltigen Gamma-Titan-Aluminides bekannt,  
20 welche aus Schaufelblatt, Schaufelfuss und gegebenenfalls Schaufeldeckband besteht. Bei der Herstellung dieser Schaufel wird der Gusskörper derart partiell wärmebehandelt und warmverformt, dass das Schaufelblatt anschliessend eine grobkörnige Struktur aufweist, die zu hoher Zug- und Zeitstandfestigkeit führt, und dass der Schaufelfuss und/oder das  
25 Schaufeldeckband eine feinkörnige Struktur aufweist, die zu einer gegenüber dem Schaufelblatt erhöhten Duktilität führt. Zwar wird mit dem Einsatz dieser Schaufeln im Vergleich zu konventionellen Schaufeln vorteilhaft die Masse des Rotors abgesenkt, nachteilig an diesem Stand der Technik ist aber, dass die Schaufelspitzen aufgrund ihrer Sprödigkeit wegplatzen, wenn sie während  
30 des Betriebes mit dem Stator in Berührung kommen. Dies ist aber normalerweise nicht zu verhindern.

### Darstellung der Erfindung

5 Ziel der Erfindung ist es, die genannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine thermische Turbomaschine zu entwickeln, bei welcher aufgrund eines reduzierten Gewichtes die Lebensdauer des Rotors erhöht wird.

10 Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe bei einer thermische Turbomaschine gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1 dadurch gelöst, dass die Zwischenstücke zwischen den Laufschaufeln einer Schaufelreihe aus einem Material bestehen, welches eine geringere Dichte aufweist als die Dichte des Rotormaterials. Vorzugsweise kommen dafür intermetallische Verbindungen oder Titanlegierungen in Frage.

15 Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass dadurch einerseits das Gewicht des Rotors reduziert wird, und andererseits die Sprödigkeit der intermetallischen Zwischenstücke kein erhöhtes Risiko für den Betrieb der Maschine bedeutet.

20 Es ist vorteilhaft, wenn die Zwischenstücke aus einer intermetallischen  $\gamma$ -TiAl-Verbindung oder einer intermetallischen orthorhombischen TiAl-Verbindung bestehen, weil dieser erfindungsgemässe Werkstoffeinsatz zu einer beachtlichen Gewichtsreduktion des Rotors führt. Die spezifische Dichte der  
25 intermetallischen Titan-Aluminid-Verbindungen beträgt nur ca. 50 % der Dichte von rostfreiem Cr-Ni-W-Stahl.

Es kann auch zweckmässig sein, als Material für die genannten Zwischenstücke eine Titanlegierung anstelle der intermetallischen Titan-Aluminid-Verbindung zu verwenden. Auf Grund der etwas höheren Dichte ist  
30 dann die Gewichtsreduktion des Rotors gegenüber konventionellen Rotoren etwas geringer.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die einzige Figur zeigt einen Querschnitt durch den erfindungsgemässen Rotor eines Hochdruckverdichters für eine Gasturbine.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

10 Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Figur 1 näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine Laufschaufelreihe eines Rotors 1 für einen Hochdruckverdichter einer Gasturbine. Der Rotor 1 ist von einem Stator 2 umgeben. In den Rotor 1 sind in einer sich darin befindenden Umfangsnut Laufschaufeln 3, 3' montiert, während im Stator 2 Leitschaufeln 5 eingehängt sind. Die Schaufeln 3, 3', 5 werden beispielsweise bei einem Druck von ca. 32 bar mehreren Tausend Stunden lang einer Temperatur von ca. 600 °C ausgesetzt. Sie bestehen aus einem rostfreien Cr-Ni-W-Stahl mit folgender chemischer Zusammensetzung (in Gew.-%): 0.12 C, < 0.8 Si, < 1.0 Mn, 17 Cr, 14.5 Ni, < 0.5 Mo, 3.3 W, < 1 Ti, < 0.045 P, < 0.03 S, Rest Fe. Die Welle des Rotors 1 besteht ebenfalls aus Stahl. Die Dichte von Stahl beträgt ca. 7,9 g/cm<sup>3</sup>.

25 Zwischen zwei benachbarten Laufschaufeln 3 und 3' sind in einer Schaufelreihe des Rotors 1 jeweils Zwischenstücke 4 in die Umfangsnut des Rotors 1 montiert. Erfindungsgemäss sind diese Zwischenstücke 4 aus einer intermetallischen Verbindung, hier aus einer  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Verbindung hergestellt.

30

Diese für die Herstellung der Zwischenstücke 4 verwendete intermetallische Verbindung hat folgende chemische Zusammensetzung (in Gew.-%):  
Ti-(30.5-31.5)Al-(8.9-9.5)W-(0.3-0.4)Si.

Intermetallische Verbindungen des Titans mit dem Aluminium haben einige interessante Eigenschaften, welche sie als Konstruktionswerkstoffe im mittleren und höheren Temperaturbereich als attraktiv erscheinen lassen. Dazu gehört ihre gegenüber Superlegierungen und gegenüber rostfreien Stählen niedrigere Dichte. Ihrer technischen Verwertbarkeit steht aber in der vorliegenden Form oft ihre Sprödigkeit entgegen.

Die oben beschriebene intermetallische  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Verbindung zeichnet sich durch eine etwa um 50 % geringere Dichte aus als der bei diesem Ausführungsbeispiel für den Rotor und die Schaufeln benutzte Stahl. Weiterhin weist sie einen E-Modul bei Raumtemperatur von 171 GPa und eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  von 24 W/mK.

In Tabelle 1 sind weitere physikalischen Eigenschaften der beiden Legierungen gegenübergestellt.

	Dichte in g/cm <sup>3</sup>	Wärmeausdehnungskoeffizient in K <sup>-1</sup>
$\gamma$ -Ti-Al	4	$10 \times 10^{-6}$
Rostfreier Stahl	7.9	$18.6 \times 10^{-6}$

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften der verschiedenen Werkstoffe

Da die rotierenden Bauteile des Hochdruckverdichters einer Gasturbinenanlage bei Temperaturen bis zu ca. 600 °C stark beansprucht werden, wirkt sich die Gewichtsreduktion des erfindungsgemässen Rotors vorteilhaft auf eine Erhöhung der Lebensdauer der Maschine aus.

Die Herstellung der intermetallischen Zwischenstücke erfolgt in bekannter Weise durch Giessen, heiss-isostatisches Pressen und Wärmebehandlung mit einer minimalen maschinellen Nachbearbeitung.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.



Das Zwischenstück 4 des Hochdruckverdichters kann beispielsweise auch aus einer bekannten intermetallischen orthorhombischen Titan-Aluminid-Legierung mit einer Dichte von  $4.55 \text{ g/cm}^3$  hergestellt sein. Orthorhombische

- 5 Titan-Aluminid-Legierungen basieren auf der geordneten Verbindung  $\text{Ti}_2\text{AlNb}$  und haben folgende chemische Zusammensetzung:  $\text{Ti-(22-27)Al-(21-27)Nb}$ . Auch die erfindungsgemässe Verwendung einer Titan-Hochtemperaturlegierung, welche beispielsweise folgende chemische Zusammensetzung hat (Angaben in Gew.-%): 0.06 C, 0.4 Si, 5.8 Al, 4 Sn, 4
- 10 Zr, 0.5 Mo, < 0.05 Fe, 0.11 O, < 0.03 N, < 0.006 H, Rest Ti, ist denkbar.

- Weiterhin ist es möglich, die Erfindung nicht nur für Hochdruckverdichterroten einzusetzen, sondern auch für Turbinenrotoren mit Turbinenschaufeln aus einer Superlegierung, beispielsweise einer Nickel-
- 15 Basis-Superlegierung, bei denen die Zwischenstücke zwischen den Laufschaufeln beispielsweise aus einer intermetallischen  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Legierung oder einer intermetallischen orthorhombischen Titan-Aluminid-Legierung bestehen. Auch damit lassen sich vorteilhaft Gewichtsreduktionen und eine Erhöhung die Lebensdauer der Maschine erreichen.

20

Für den beschriebenen erfindungsgemässen Einsatz der intermetallischen Ti-Al-Legierungen spielt ihre Sprödigkeit keine nachteilige Rolle, da sie als Zwischenstücke keinem Schleifkontakt bzw. keinem Reibverschleiss ausgesetzt sind.

25

### Bezugszeichenliste

- |       |                            |
|-------|----------------------------|
| 1     | Rotor                      |
| 2     | Stator                     |
| 3, 3' | Laufschaufel               |
| 30 4  | Zwischenstück              |
| 5     | Leitschaufel               |
| $D_1$ | Dichte des Rotormaterials  |
| $D_2$ | Dichte des Zwischenstückes |

5

### Patentansprüche

- 10 1. Axial durchströmte thermische Turbomaschine mit einem Rotor (1) aus einem metallischen Material mit einer ersten Dichte ( $D_1$ ), bei welchem in einer Umfangsnut abwechselnd Laufschaufeln (3, 3') und Zwischenstücke (4) montiert sind, dadurch gekennzeichnet, dass die besagten Zwischenstücke (4) aus einem Material mit einer zweiten Dichte ( $D_2$ ), welche geringer ist als die erste Dichte ( $D_1$ ), bestehen.
- 15 2. Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit der zweiten Dichte ( $D_2$ ) eine intermetallische Verbindung ist.
- 20 3. Turbomaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die intermetallische Verbindung eine  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Legierung oder eine orthorhombischen Titan-Aluminid-Legierung ist.
- 25 4. Turbomaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Legierung folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.-%) aufweist: Ti-(30.5-31.5)Al-(8.9-9.5)W-(0.3-0.4)Si.
5. Turbomaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit der zweiten Dichte ( $D_2$ ) eine Titanlegierung ist.
- 30 6. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbomaschine ein Hochdruckverdichter einer Gasturbine ist mit einem Rotor (1), welcher im wesentlichen aus einem rostfreien Cr-Ni-Stahl besteht.

### Zusammenfassung

5

Die Erfindung betrifft eine axial durchströmte thermische Turbomaschine mit einem Rotor (1) aus einem metallischen Material mit einer ersten Dichte ( $D_1$ ), bei welchem in einer Umfangsnut abwechselnd Laufschaufeln (3, 3') und Zwischenstücke (4) montiert sind. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die

10 besagten Zwischenstücke (4) aus einem Material mit einer zweiten Dichte ( $D_2$ ) bestehen, welche geringer ist als die erste Dichte ( $D_1$ ). Als Material für die Zwischenstücke (4) sind vor allem intermetallische Verbindungen, vorzugsweise intermetallische  $\gamma$ -Titan-Aluminid-Legierungen oder intermetallische orthorhombische Titan-Aluminid-Legierungen, geeignet, aber

15 auch Titanlegierungen.

(Fig. 1)

20

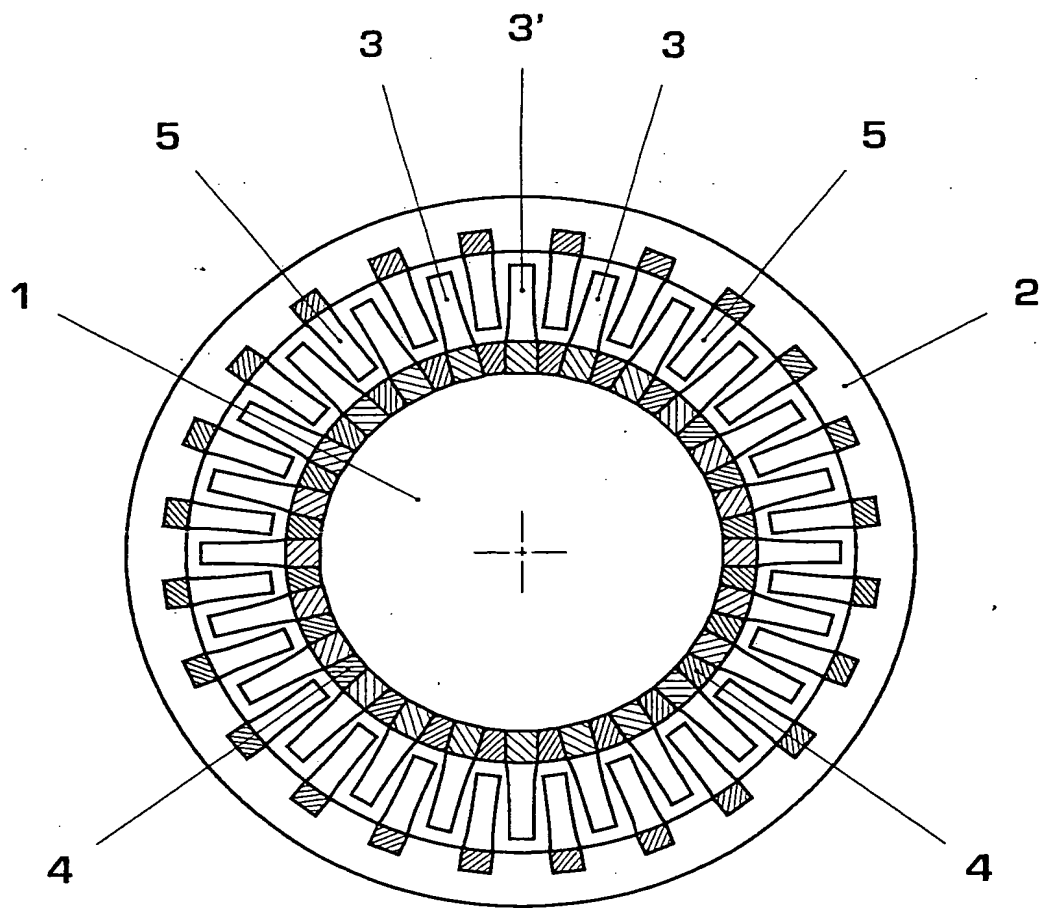


Fig. 1